

# **1. Анализ систем пожарной сигнализации. Основные задачи исследования.**

## **1.1. Выбор и обоснование метода анализа тенденций развития систем пожарной сигнализации.**

Анализ динамики изобретательской активности (патентования изобретений) – это наиболее широко используемый метод для целей анализа состояния и прогнозирования тенденций развития объектов техники (в том числе элементов и систем пожарной сигнализации) [1,2,4].

Метод основан на формировании динамических рядов патентов по годам приоритета или по годам первой публикации. При этом рекомендуется строить временные ряды как график распределения патентов по годам, сглаживать полученные ломаные кривые графика на основе метода наименьших квадратов и о тенденциях судить по скорости нарастания (падения) полученных кривых.

В случае, если в анализируемом интервале времени динамика патентования не описывается монотонно-возрастающей (убывающей) функцией, т.е. скорость развития изменяет знак, например, на участке от стадии роста к стадии стабилизации (речь идёт о среднесрочном прогнозировании), аппроксимацию можно провести, используя построение по так называемому кумулятивному ряду. При этом подсчитывают суммарное число патентов, полученных по данному вопросу с момента начала отсчета до текущего года, и строят динамику патентования в нарастающем итоге.

На рисунке 1.1 показан типовой график кумулятивной кривой динамики патентования. Такая кривая имеет три участка развития: ускоренного роста ( $t_0-t_1$ ); роста с постоянной скоростью (т.е. число новых патентов одинаково из года в год) – участок ( $t_1-t_2$ ); замедления и

прекращения роста (снижение поступления новых патентов и впоследствии полное их отсутствие) – участок ( $t_2-t_3$ ).

Преимуществом кумуляты является то, что она может быть описана на всем своем протяжении одной и той же функцией с постоянными коэффициентами. Обычно кривые такого рода (их называют S-образными кривыми) описываются уравнениями логистической функции типа [3]:

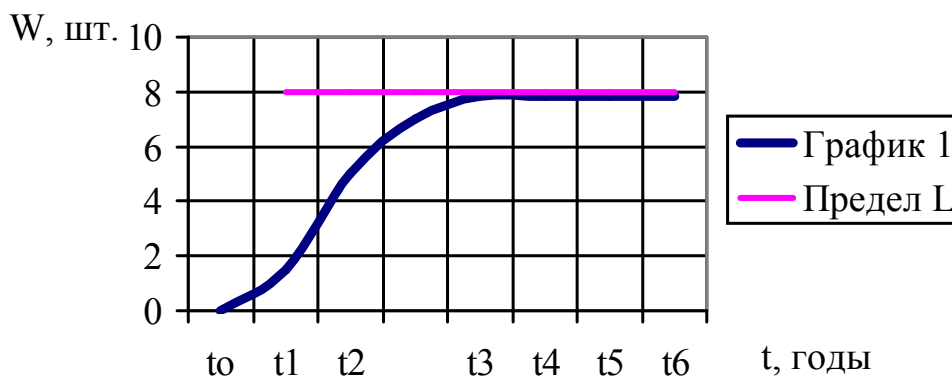


Рисунок 1.1. Типовая логистическая кривая.

$$W = \frac{L}{1 + ae^{bt}}, \quad (1.1)$$

где  $W$  – число патентов по данной проблеме (в нарастающем итоге) в год;

$L$  – верхний предел информации, т.е. величина, к которой асимптотически приближается  $W$  при  $t$  стремящейся к бесконечности;

$e$  – основание натуральных логарифмов;

$a, b$  – постоянные коэффициенты.

## 1.2. Анализ тенденций развития систем пожарной сигнализации.

Тенденции развития систем пожарной сигнализации (СПС) в ведущих странах мира можно установить на основании патентного анализа, который

выполнялся по реферативным журналам «Изобретения стран мира» и «Промислова власність» за период с 1991 по 2001 годы. Анализировались технические решения класса G 08 «Сигнализация», касающиеся систем и устройств пожарной сигнализации (в том числе пожарных извещателей). Кроме того, для анализа использовалась непатентная информация: информационные прайс-листы и каталоги фирм на продукцию противопожарного назначения.

Исходя из предложенной классификации изобретений (Приложение №1) с учётом распределения количества технических решений в области СПС за указанный период по различным признакам, можно сделать вывод, что в истекшем десятилетии преимущественно разрабатывались СПС с адресными стандартными дымовыми пожарными извещателями, подключаемыми непосредственно к приёмнику с блоком памяти, и сигналы от которых регистрировались при их начальном срабатывании.

В такой системе, как правило, используются стандартные адресные дымовые пожарные извещатели, преобразующие аналоговые данные, соответствующие концентрации дыма, в цифровую форму. В системе предусмотрена возможность передачи сигналов с извещателей непосредственно на приёмник, содержащий память и процессор. Память имеет несколько блоков памяти, соответствующих указанным извещателям, и с обновлением запоминает выходные сигналы каждого из извещателей за заданный временной интервал. Процессор сначала записывает полученные выходные сигналы извещателей в соответствующие блоки памяти в течение заданного временного интервала, а затем, используя высококачественный алгоритм для распознавания истинных возгораний и ложных сигналов, производит анализ одного или нескольких выходных сигналов, запомненных за указанный заданный временной интервал в блоке памяти.

Другими словами, в системе предусмотрена возможность непрерывного диалога управляющего процессора и памяти с каждым отдельным извещателем, анализ состояния соседних извещателей, сравнение

с «предысторией» их состояния и принятие на этой основе квалифицированного решения. К тому же система имеет возможность регистрировать постепенное ухудшение характеристик извещателей.

На основании вышесказанного можно сделать вывод, что имеют место следующие тенденции развития СПС:

- дальнейшая децентрализация СПС с большим разносом шлейфов и широким применением удлинительных шин;

- цифровой обмен информацией с извещателями, открывающий широкие возможности контроля состояния извещателей и повышения надёжности и эффективности системы в целом;

- оптимизация блоков запоминания промежуточных сигналов от извещателей, что значительно уменьшит количество ошибок, ложных тревог и отказов СПС;

- широкое использование интеллектуальных адресных извещателей с оптимальным конструктивным исполнением и упрощённой адресацией;

- разработка и использование ряда модулей, адаптируемых к условиям применения, для построения СПС произвольной конфигурации;

- разработка СПС, построенных на волоконно-оптических компонентах;

- подключение СПС к информационно-измерительным и управляющим системам объекта защиты;

- использование функции аварийного режима работы в случае выхода из строя микропроцессора или основных схем различных блоков СПС;

- упрощение программирования отдельных блоков СПС;

- совершенствование принципов дистанционного контроля и управления путём разработки и использования модулей последовательного интерфейса;

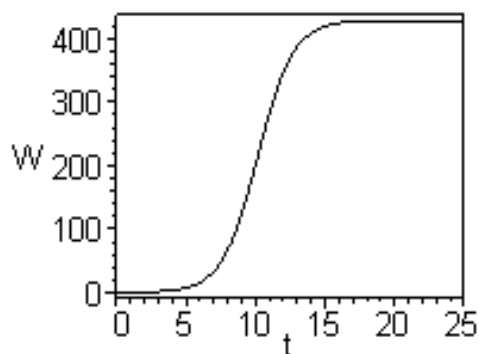
- автоматическое документирование получаемой информации;

- повышение удобства управления и обслуживания устройств и блоков СПС;

- повышение контролепригодности технических средств СПС;
- блокировка несанкционированного доступа к функциональной клавиатуре управляющих блоков СПС и др.

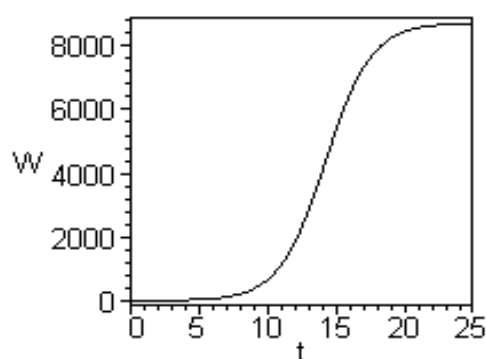
### 1.3. Анализ состояния и тенденции развития принципов построения и конструктивных особенностей пожарных извещателей.

На основании статистических данных о динамике патентования видов ПИ в странах мира за период с 1991 по 2001 годы по формуле (1.1) были построены кумулятивные кривые на начальном участке  $t=0-10$  лет с экстраполяцией результатов на необходимый временной отрезок (25 лет). Полученные результаты представлены на графиках (рисунки 1.2–1.5):



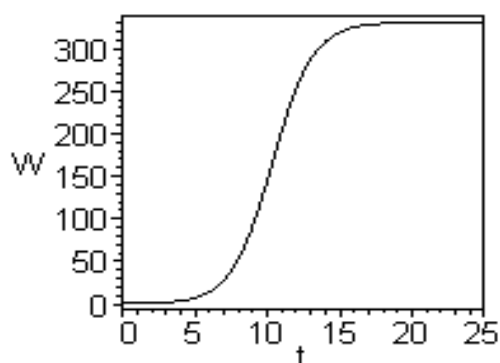
$$W(t) := 428.693 \frac{1}{1 + .049e^{(-.785t+11)}}$$

Рисунок 1.2 – Кумулятивная кривая динамики патентования извещателей пламени за период с 1991 по 2001 годы.



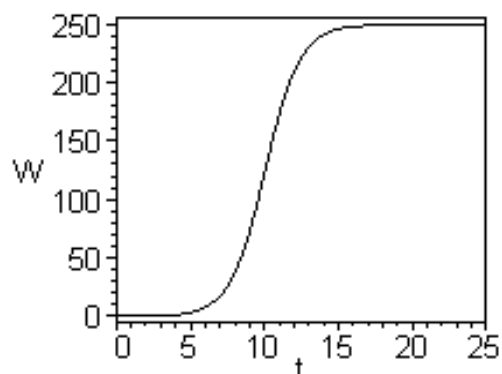
$$W(t) := 8724.12 \frac{1}{1 + .082e^{(-.597t+11)}}$$

Рисунок 1.3 – Кумулятивная кривая динамики патентования ДПИ за период с 1991 по 2001 годы.



$$W(t) := 330.827 \frac{1}{1 + .027 e^{(-.714t+11)}}$$

Рисунок 1.4 – Кумулятивная кривая динамики патентования ТПИ за период с 1991 по 2001 годы.



$$W(t) := 248.974 \frac{1}{1 + .087 e^{(-.852t+11)}}$$

Рисунок 1.5 – Кумулятивная кривая динамики патентования комбинированных ПИ за период с 1991 по 2001 годы.

Таким образом, на основе анализа технических решений в области пожарных извещателей, проведённый за десять лет в странах мира, с учётом динамической модели патентования, можно выделить основные тенденции развития принципов построения и конструктивных особенностей ПИ (в том числе и дымовых):

- наиболее интенсивно предлагаются и внедряются технические решения по оптикоэлектронным дымовым пожарным извещателям (ОДПИ); интерес к ним начнёт спадать приблизительно через 15 лет, а новые принципы построения придут к ним на смену не ранее чем через 22 года;

- интенсивно используется максимально-дифференциальный принцип формирования выходного сигнала извещателя; интерес к нему начнёт спадать приблизительно через 12 лет, а новые принципы полностью вытеснят его приблизительно через 28-30 лет;

- стремительно развиваются линейные ПИ, интерес к ним начнёт спадать приблизительно через 10 лет; объёмные ПИ находятся на начальной стадии своего развития и через 15-20 лет будут иметь максимум своего

насыщения; к точечным ПИ вообще практически утрачен интерес и предполагается, что эти технические решения не будут развиваться;

– в ближайшие 10-12 лет большое внимание будет уделяться совершенствованию конструкции ДПИ, препятствующей поступлению посторонних предметов и света в чувствительную область, а также упрощению конструкций всех видов ПИ;

– в ближайшие 25-30 лет будет проявляться повышенный интерес к использованию процессора для обработки сигнала от чувствительного элемента извещателя;

– повышение чувствительности извещателей и совершенствование электронных принципов обработки сигналов, как направление их технического развития достигло своего верхнего предела и разработка извещателей в этом направлении нецелесообразна; это объясняется возможными ложными срабатываниями и внутренним шумом электронных схем обработки сигналов;

– в последние годы снижается интерес к разработке принципов адресации ПИ, наблюдается общая тенденция к упрощению этого процесса; для получения существенных результатов в данном направлении необходима разработка принципиально новых технических решений;

– разработка автономных интеллектуальных ПИ находится на начальном этапе своего развития и будет представлять значительный интерес, в связи с чем большее внимание стало уделяться повышению помехозащищённости извещателей и снижению токопотребления; существенный количественный и качественный скачок в этом направлении предполагается в ближайшие 10 лет.

#### **1.4. Анализ методов испытаний ДПИ. Постановка задачи.**

Анализ технических решений в области оперативных испытаний ДПИ за минувшие десять лет в странах мира позволил установить следующее.

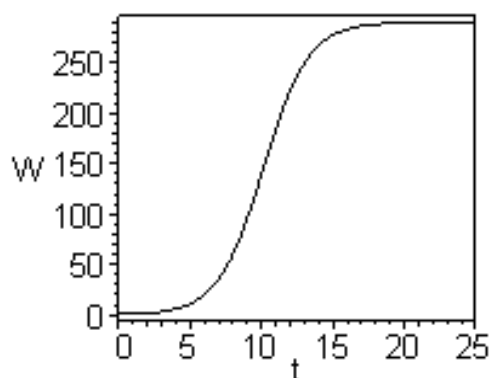
В Украине технических решений в этой области не зарегистрировано. Это свидетельствует о том, что в нашей стране практически отсутствуют технические решения по ДПИ нового конструктивного исполнения, требующие принципиально новых подходов к проведению проверок данных извещателей. Кроме того, из-за отсутствия финансирования руководители государственных предприятий и учреждений слабо уделяют внимание исправному функционированию эксплуатирующихся СПС с ДПИ, а также переоснащению своих объектов более совершенными системами и устройствами пожарной сигнализации.

По результатам проведённого анализа составлена классификация технических решений в области оперативных испытаний ДПИ в странах мира за период с 1991 по 2001 годы (Приложение №2). Особенностью данной классификации является то, что кроме признаков, составленных на основании проведённого анализа технических решений, в ней приведены некоторые известные классификационные признаки по испытаниям пожарных извещателей.

На основании статистических данных о динамике патентования оперативных испытаний ДПИ класса А (по режиму испытаний), а также класса Е (по способу проверки чувствительных элементов ДПИ) по формуле (1.1) были построены кумулятивные кривые на начальном участке  $t=0-10$  лет с экстраполяцией результатов на необходимый временной отрезок (25, 30 лет). Полученные результаты представлены на графиках, соответственно класс А – (рисунки 1.6-1.8) и класс Е – (рисунки 1.9-1.12).

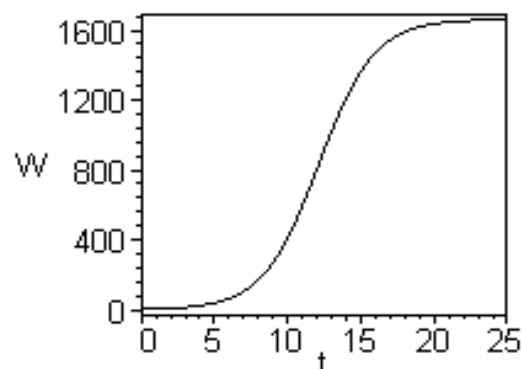
Исходя из предложенной классификации изобретений (Приложение №2), с учётом распределения количества технических решений в области оперативных испытаний ДПИ за период с 1991 по 2001 годы по различным признакам, можно сделать вывод, что в истекшем десятилетии преимущественно разрабатывались оперативные испытания ДПИ, проводимые в автоматическом режиме дистанционно с места установки приёмно-контрольного прибора (ПКП), использующие проводную систему





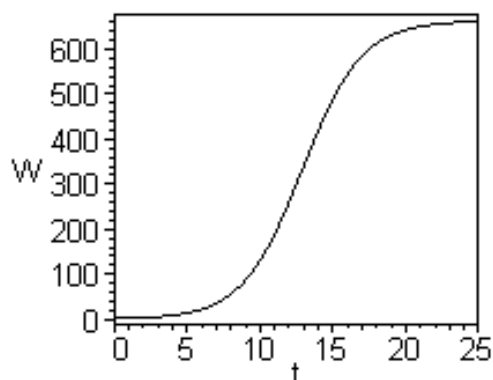
$$W(t) := 290.026 \frac{1}{1 + .076 e^{(-.634 t + 9)}}$$

Рисунок 1.6 – Кумулятивная кривая динамики патентования оперативных испытаний ДПИ класса А1 (в ручном режиме) за период с 1991 по 2001 годы.



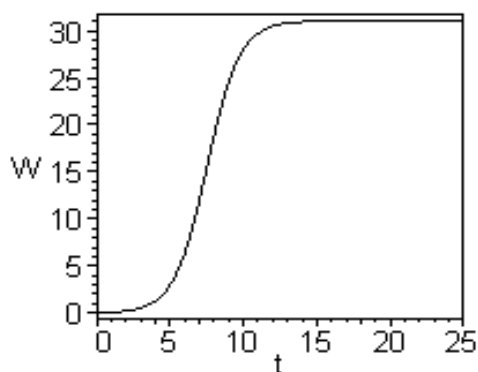
$$W(t) := 1662.191 \frac{1}{1 + .075 e^{(-.529 t + 9)}}$$

Рисунок 1.7 – Кумулятивная кривая динамики патентования оперативных испытаний ДПИ класса А2 (в автоматическом режиме) за период с 1991 по 2001 годы.



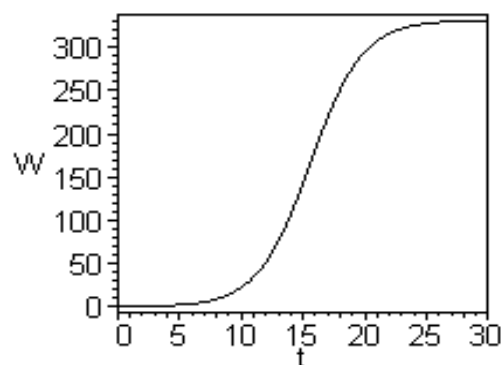
$$W(t) := 663.408 \frac{1}{1 + .068 e^{(-.49 t + 9)}}$$

Рисунок 1.8 – Кумулятивная кривая динамики патентования оперативных испытаний ДПИ класса А3 (путём непосредственного воздействия на чувствительный элемент с помощью специальных средств) за период с 1991 по 2001 годы.



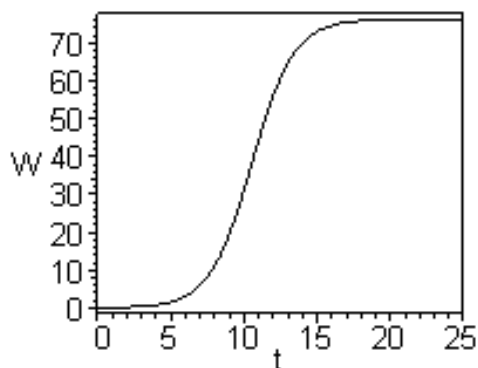
$$W(t) := 31.028 \frac{1}{1 + .039 e^{(-.898 t + 10)}}$$

Рисунок 1.9 – Кумулятивная кривая динамики патентования оперативных испытаний ДПИ класса E1 (с помощью устройств генерации дыма) за период с 1991 по 2001 годы.



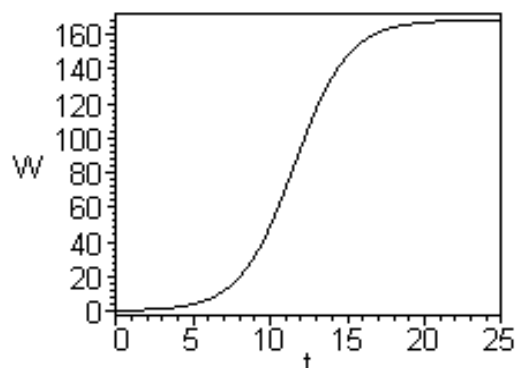
$$W(t) := 331.125 \frac{1}{1 + .073 e^{(-.474 t + 10)}}$$

Рисунок 1.10 – Кумулятивная кривая динамики патентования оперативных испытаний ДПИ класса E2 (с помощью веществ и материалов-имитаторов дыма) за период с 1991 по 2001 годы.



$$W(t) := 76.281 \frac{1}{1 + .072 e^{(-.699 t + 10)}}$$

Рисунок 1.11 – Кумулятивная кривая динамики патентования оперативных испытаний ДПИ класса E3 (с помощью устройств дистанционной или местной проверки чувствительных элементов) за период с 1991 по 2001 годы.



$$W(t) := 168.155 \frac{1}{1 + .034 e^{(-.573 t + 10)}}$$

Рисунок 1.12 – Кумулятивная кривая динамики патентования оперативных испытаний ДПИ класса E4 (с помощью встроенных устройств проверки чувствительных элементов) за период с 1991 по 2001 годы.

связи и периодически осуществляющие функциональный групповой контроль элементов электрических схем ДПИ с помощью встроенных устройств проверки указанных извещателей.

Такая унифицированная процедура проведения нового поколения оперативных испытаний ДПИ имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционной:

– помимо проверки функционирования схем обработки сигналов от чувствительных элементов (цепей контроля) в некоторых СПС стала осуществляться функциональная (на уровне сигналов) проверка работы чувствительных элементов ДПИ с помощью встроенных в корпуса извещателей устройств или схем проверки;

– благодаря широкому применению адресации извещателей и модулей адресации шлейфов ПС появилась возможность с высокой точностью определить конкретный неисправный извещатель или шлейф, что значительно уменьшило количество ложных срабатываний;

– значительно снизилась необходимость создания сложных устройств для проверки работоспособности узлов ПКП благодаря широкому применению в схемах контроля ПКП процессоров, периодически осуществляющих такую работу;

– благодаря широкому применению метода кодировки сигналов при осуществлении дистанционного контроля ДПИ значительно снизилось потребление энергии от источника питания СПС, что свело на нет необходимость проектирования источника питания с большим запасом по мощности.

Таким образом, имеют место следующие тенденции развития оперативных испытаний ДПИ:

– наиболее интенсивно предлагаются и внедряются технические решения по проведению оперативных испытаний ДПИ, в том числе и чувствительных элементов, в автоматическом режиме как с места установки ПКП, так и с мест установки извещателей (в силу интенсивного развития

адресных интеллектуальных ДПИ, содержащих микропроцессор, который помимо функции обработки информации от чувствительных элементов осуществляет также функцию управления проверками данных извещателей), в ближайшие 25-30 лет интерес к ним будет только возрастать;

– оперативные испытания ДПИ, проводимые в автоматическом режиме дистанционно с места установки устройства проверки, находятся на начальном этапе своего развития, и будут представлять значительный интерес благодаря распространению децентрализованных СПС с большим разносом шлейфов, в которых имеются модули промежуточного контроля, осуществляющие помимо проверки извещателей и передачу ответных сигналов на ПЦН;

– стремительно разрабатываются ТР по оперативным испытаниям ДПИ в ручном режиме с места установки ПКП, которые осуществляются с ПКП; интерес к ним начнёт спадать приблизительно через 15 лет;

– ТР по оперативным испытаниям ДПИ в ручном режиме в месте их установки, осуществляющиеся посредством введения испытательного стержня в чувствительную область извещателя, практически утратили свою актуальность; на смену им пришли испытания, осуществляющиеся с помощью переключателя на корпусе извещателя; однако уже сейчас наблюдается снижение интереса к ним; подобные испытания, осуществляющиеся с помощью встроенного в корпус извещателя имитатора, создающего рассеянный свет при направлении на него источника света, находятся на начальном этапе своего развития, и через 10-15 лет они будут иметь максимум своего насыщения;

– разработка устройств генерации дыма для проверки чувствительных элементов ДПИ в месте их установки, как направление развития оперативных испытаний данных извещателей, достигло своего верхнего предела и разработки ТР в этом направлении нецелесообразны; это объясняется загрязнением конструкции и чувствительных элементов извещателей при проведении таких испытаний;

– приоритетное развитие получили ТР по испытаниям, проводимым с помощью встроенных устройств для проверки чувствительных элементов, содержащих контрольный источник импульсного излучения и блок автоматической диагностики; в ближайшие 10-15 лет предпочтение будет отдаваться таким вышеуказанным встроенным устройствам, которые помимо проверки чувствительных элементов проверяют и элементы электрических схем ДПИ;

– в последние годы снижается интерес к разработкам ТР по испытаниям ДПИ, проводимым с помощью устройств дистанционной или местной проверки чувствительных элементов, такими как переносная камера с контрольным источником импульсного излучения; наблюдается общая тенденция к упрощению этих испытаний; для получения существенных результатов в данном направлении необходима разработка принципиально новых технических решений;

– в ближайшие 25-30 лет будет проявляться значительный интерес к разработкам принципиально новых ТР по испытаниям ДПИ, проводимым с помощью аэрозолей-имитаторов дыма; это объясняется минимальным воздействием таких испытаний на изменение параметров извещателей и окружающую среду при высокой степени подобия такого воздействия;

– несмотря на то, что на сегодняшний день при проведении оперативных испытаний ДПИ не осуществляется количественный допусковой контроль указанных извещателей, существенный количественный и качественный скачок в этом направлении предполагается в ближайшие 10-15 лет.

Анализ методов оперативных испытаний ДПИ показал, что периодическое проведение оперативных испытаний ДПИ путём непосредственного воздействия на чувствительные элементы данных извещателей дымом или его имитатором, является пока единственной возможностью проверки способности реагирования указанных извещателей на первичный признак пожара [6]. Наиболее прогрессивным в этом плане

методом, реализующим проверку чувствительных элементов, является метод, основанный на создании в месте установки извещателей эквивалентных задымлению условий за счёт распыления частиц аэрозоли, имитирующей воздействие дыма на чувствительные элементы указанных извещателей [6].

Преимущество этого метода заключается в минимизации времени проведения такого рода испытаний, а также в том, что при оптимальном выборе аэрозоли-имитатора дыма чувствительные элементы ДПИ практически не загрязняются, так как за короткое время рабочая фракция аэрозоли полностью испаряется. Однако, как и все вышеназванные, данный метод научно не обоснован. При его проведении не измеряется и не оценивается порог срабатывания ДПИ, что может привести к недостоверной оценке эксплуатационных характеристик указанных извещателей и, в конечном итоге, к отказам СПС в целом.

Основным недостатком существующих оперативных испытаний ДПИ является то, что при их проведении не осуществляется количественный допусковый метод контроля указанных извещателей, то есть контроль величины порогов срабатывания ДПИ. Из общего описания процедуры допускового контроля порогов срабатывания ДПИ следует, что аппаратура имитации физических факторов должна обеспечивать воздействие на чувствительный элемент данных извещателей минимально допустимого и максимально допустимого значений по техническим условиям порога срабатывания определённого ДПИ с погрешностью, хотя бы на порядок меньшей погрешности порога срабатывания проверяемого ДПИ [6]. Однако на сегодняшний день это для всех без исключения типов пожарных извещателей является сложной технической задачей, до сих пор не реализованной.

Поэтому предлагается разработать метод оперативных испытаний наиболее распространённых оптикоэлектронных ДПИ (ОДПИ), при котором воздействие на их чувствительные элементы аэрозолью-имитатором дыма будет нормировано, что позволит более точно оценить работоспособность

данных извещателей при устранении других характерных недостатков. Другими словами, предлагается разработать метод количественного допускового оперативного контроля ОДПИ.

Таким образом, основная задача исследования может быть сформулирована следующим образом.

**РАЗРАБОТАТЬ МЕТОД И ПОРТАТИВНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОЦЕНКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ОПТИКОЭЛЕКТРОННЫХ ДЫМОВЫХ ПОЖАРНЫХ ИЗВЕЩАТЕЛЕЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ.**

Решение основной задачи целесообразно проводить путём решения ряда подзадач:

Разработка опытного образца устройства для проведения оперативных испытаний оптикоэлектронных дымовых пожарных извещателей и принципов его технической реализации.

Разработка математической модели, учитывающей изменение выходных параметров устройства для проведения оперативных испытаний оптикоэлектронных дымовых пожарных извещателей.

Разработка метода оперативного определения и оценки работоспособности оптикоэлектронных дымовых пожарных извещателей в процессе их эксплуатации.

Оценка эффективности предложенного метода.

Разработка рекомендаций по проведению оперативных испытаний оптикоэлектронных дымовых пожарных извещателей.

## **1.5. Выводы:**

1.5.1. На данном этапе для Украины актуальной остается задача повышения эффективности систем пожарной сигнализации за счет проверки технического состояния пожарных извещателей.

1.5.2. Анализ технических решения по пожарным извещателям показал, что актуальными направлениями развития пожарной сигнализации являются совершенствование автономных интеллектуальных ПИ, использование максимально-дифференциального принципа формирования выходного сигнала извещателя, совершенствование конструкции ДПИ относительно недопущения поступления посторонних предметов и света в чувствительную область, упрощение конструкций всех видов ПИ, использование процессора для обработки сигнала от чувствительного элемента извещателя, упрощение принципов адресации ПИ, повышение помехозащищённости извещателей и снижение токопотребления и др.

1.5.3. Среди методов построения дымовых пожарных извещателей приоритетное положение остается за оптикоэлектронным методом.

1.5.4. Полученные математические модели тенденций развития элементов и систем пожарной сигнализации могут использоваться для прогнозирования тенденций развития систем и элементов пожарной сигнализации и принятия решений при выборе наиболее перспективных технических решений.

1.5.5. Актуальными направлениями развития пожарной сигнализации являются оперативные испытания ДПИ в автоматическом режиме как с места установки ПКП так и с мест установки извещателей.

1.5.6. В результате анализа технических решений по оперативным испытаниям дымовых пожарных извещателей установлено, что наиболее прогрессивным в мире и актуальным для Украины направлением является совершенствование оперативных испытаний ДПИ, проводимых с помощью аэрозолей-имитаторов дыма с возможностью регулировки их подачи для оценки работоспособности различных марок указанных извещателей в процессе их эксплуатации.

1.5.7. Одним из путей достижения поставленной цели является разработка метода количественного допускового оперативного контроля ОДПИ посредством дозированной подачи аэрозоли-имитатора дыма,



нормированной относительно порогов срабатывания различных марок ОДПИ.

1.5.8. Сформулирован перечень подзадач, решение которых обеспечит доказательство достижения цели исследований.